

⑨日本国特許庁(JP)

⑩特許出願公開

⑫公開特許公報(A)

昭54—47859

⑪Int. Cl.²
B 21 D 26/02
C 23 F 7/06

識別記号 ⑬日本分類
12 C 313
12 A 5

庁内整理番号 ⑭公開 昭和54年(1979)4月14日
7108—4E
7537—4K

発明の数 1
審査請求 有

(全 8 頁)

⑮熱成形法によるアルミ基又はマグネシウム基合金部材の製造方法

⑯特 願 昭53—106977

⑰出 願 昭53(1978)8月31日

優先権主張 ⑱1977年9月5日 ⑲フランス
(FR)⑳77—27533

㉑1977年11月10日 ㉒フランス
(FR)㉓77—34521

㉔発 明 者 ジャック・バリル
フランス国エタン—ラービル・
シエマン・ドウ・メロヌリエ12

㉕発 明 者 ジャン—イブ・ガポリオー
フランス国ベルジイ・プラス・
エル・ボソウトロ21

同 フイリップ・レウロー
フランス国ビロフライ・リュ・
リオウザック7

㉖出 願 人 スカル・ソシエテ・ドウ・コン
デイシヨマン・アン・アルミニ
ヨム
フランス国パリ・リュ・ドウ・
モンソー47

㉗代 理 人 弁理士 浅村皓 外4名

明 細 書

1 発明の名称

熱成形法による^{よ3}アルミ基又はマグネシウム基合金部材の製造方法

2 特許請求の範囲

(1) 薄肉素材の塑性変形による熱成形法によるアルミ基又はマグネシウム基合金部材の製造方法において、熱成形の前に素材の表面上に既知の方法で一様な人工的酸化物、アルミナ又はマグネシアの層を生成させることを特徴とする方法。

(2) 特許請求の範囲第1項に記載のアルミ部材の製造方法において、アルミナの保護層の厚さが0.01ミクロンより大きいことを特徴とする方法。

(3) 特許請求の範囲第1項^{又は}第2項に記載のアルミ部材の製造方法において、アルミ^{又は}層の厚さが好ましくは0.04～1.00ミクロンの範囲にあることを特徴とする方法。

(4) 特許請求の範囲第1項乃至第3項のいずれかに記載のアルミ部材の製造方法において、熱成形が、 T_f を当該金属の絶対溶融温度として、 0.7

$T_f \sim 0.9 T_f$ の温度で行なわれることを特徴とする方法。

(5) 特許請求の範囲第1項乃至第4項のいずれかに記載のアルミ部材の製造方法において、アルミナの層は連続的に製造され、電解的又は化学的酸化装置が熱成形ライン中で熱成形機の上流に配備されていることを特徴とする方法。

(6) 特許請求の範囲第1項乃至第4項のいずれかに記載のアルミ部材の製造方法において、熱成形装置には別の装置内で予め酸化されたシートが供給されることを特徴とする方法。

(7) 特許請求の範囲第1項乃至第6項のいずれかに記載のアルミ部材の製造方法において、アルミナの層は多孔性の無水アルミナの形で電解的に製造されることを特徴とする方法。

(8) 特許請求の範囲第1項乃至第6項のいずれかに記載のアルミ部材の製造方法において、アルミナの層はペーマイトの形で化学的に製造されることを特徴とする方法。

(9) 無菌性アルミ部材の製造方法において、該部

材が何らの殺菌処理を必要とすることなしに特許請求の範囲第1項乃至第8項のいずれかに記載の熱成形により直接製造されることを特徴とする方法。

00 他の表面処理なしにプラスチック材、ニス、塗料又は金属で被覆され得る状態にある部材の製造方法において、該部材が特許請求の範囲第1項乃至第9項のいずれかに記載の熱成形により製造されることを特徴とする方法。

01 自動車の車体加工用コンポーネント又は建築物の正面被覆材の如き工業的部材を特許請求の範囲第1項乃至第10項のいずれかに従つて製造するための方法において、穴明け、張り出し又は縁曲げの如き作業に用いられる付加的工具が熱成形機上に集約化されており、該工具は酸化物質の存在により潤滑無しで熱間状態で操作可能であり、熱成形機内で型と反対側の自由領域内に配設することが可能であることを特徴とする方法。

3 発明の詳細な説明

本発明は熱成形の方法により、即ち素材を塗表

3

形を実施するための種々の方法が開示されている。例えば仏国特許第2004410号、第2146847号、及び第2245428号各明細書を参照されたい。

この成形方法においては、金属素材の周縁は変形されることなしに2分割型の端縁間に把持されて所定の位置に固定される。この把持作用により外部に関するシール効果が与えられる。型の凹んだ雌型部分（又は突出した雄型部分）に対面して配置された素材部分のみがその金属壁をあらゆる方向に引き伸ばされ、しかも前記2分割型の端縁間に把持された素材の周縁は滑りを起すことなく塑性変形を受ける。

プラスチック材料については、中空輪郭を付与されるよう変形される素材表面に付加される加圧流体の作用によるか、あるいは突出輪郭を得るべく変形される表面上に真空を生じさせることにより部材の成形が行なわれる。しかしながら、肉厚がある程度厚い金属シートを用いる必要がある場合には真空による成形法は用いることが出来ない。

5

特開昭54-47859(2)

面に押付ける加工流体の作用下で薄肉素材を熱間塑性変形させる方法により、アルミニウム基又はマグネシウム基の合金からなる部材を製造するための方法に関するものである。

熱成形はプラスチック材料工業界で現在極めて広く用いられている。熱成形の方法は、多くの場合カップ形状部材又は単一平坦シートである薄肉素材を当該素材の融点よりも低いが該素材を軟化せしめて良好な可塑性を付与せしめるのに十分高い温度に迄上昇させる工程を含んでいる。次に、素材を加圧流体の作用によつて型の表面に押し付けることにより素材に所望の形状が付与される。成形温度において素材の壁が十分な展延性を有している場合には、素材と型の成形表面との間に真空を生成させることによつて単なる大気圧を用いることも可能である。

最近では、このような熱成形の方法は、超塑性合金と呼ばれる特殊なアルミ合金の多くの薄肉部材の製造にまで拡大されるようになってきた。多くの特許明細書に超塑性アルミ合金の組成及び熱成

4

即ち、素材の壁を型の表面に押付けるには比較的大きな流体圧が必要となる。

用いられる型がレリーフ型であり、その寸法が金属素材の冷却後の収縮を除けば製造すべき部材の内側の寸法である場合には、熱成形は正の熱成形と呼ばれる。これに対して用いられる型が中空型であり、その寸法が収縮を除けば製造すべき部材の外側寸法である場合には、その熱成形操作は負の熱成形と呼ばれる。

いわゆる超塑性合金を用いると、 $0.5 T_f \sim 0.6 T_f$ の温度（ T_f は当該合金の絶対溶融温度）においてかなりの程度の変形量即ち1000～2000%の伸び変形量を破損を生ずることなく得ることが出来る。このような合金によれば展延表面積 S_1 が素材のもとの表面積 S_0 の3～4倍であるような物品を生産することが可能である。しかしながら、素材の変形速度は低くなくてはならず、1回の操作当り4～10分を要する。従つてこの方法は大量生産品の高速度生産に対しては適していない。

6

この一般的な考えに対抗する事実として、仏国工業規格 A 0 2 1 0 4 に従う合金 2 0 0 2、3 0 0 3、4 0 4 7、7 0 2 0、8 0 1 1 及び 5 7 5 4 の如き市販のアルミ合金から成る素材に対して熱成形法を実施することが可能であることを、一連の試験結果は示すことを可能にした。マグネシウム合金の素材に関しても魅力的な結果が得られた。

以後本明細書においてアルミなる用語は純アルミ及び前述の如きアルミ基合金を示すものとして用いられる。同様に、マグネシウムなる用語は純マグネシウム及びマグネシウム基合金を示すものとして用いられる。

アルミに関しては熱成形が 4 0 0 ~ 5 5 0 °C の適当な温度において行なわれた場合良好な結果が得られる。これらの温度は 4 4 0 °C ~ 5 3 0 °C であるのが好ましい、即ち絶対温度で 0.7 T_F ~ 0.9 T_F であり、0.8 T_F 付近であるのが好ましい。しかしながら、これらのアルミにおいては超塑性合金の場合の 1 0 0 0 ~ 2 0 0 0 多という伸

7

トを型の成形表面上に引き寄せるのに真空を使用することも可能である。

市販アルミ合金の熱成形が工業的に用いられ得るならば多くの利点が見られる。即ち、

- (1) 熱成形機は冷間スタンピングプレスに比べて軽量の機械である。従つて機械及び建物に対する投資額は従来のスタンピングプレスに比べて低くすることが出来る。
- (2) 熱成形機は従来のプレスに比べて騒音が小さい。
- (3) 本発明による熱成形法においては、比較的低い変形度が許されるならば、即ち深さと幅との比が 0.3 を越えないならば物品を従来のスタンピングプレスと同一の生産速度で製造することが可能である。

小型部材に関しては多量キャピタイ型を用いることも可能となり、従つて本方法を貯蔵食料用の小型ボットの如き物品の製造に利用してこれを 1 時間当り数千個の生産速度で製造することも可能である。

9

び変形量の代りに約 1 0 0 多の伸び量で満足しなければならず、表面積比 S_1/S_0 は 4 の代りに 1.5 で満足しなければならない。変形量の深さと幅の比は 0.2 ~ 0.3 の程度である。一方、許容変形速度は大きくとれる。1 つの部材を成形する成形時間自体は 1 ~ 1 0 秒の程度であり、一つの型について一時間当りの部品製造速度は超塑性合金の場合九つた 1 0 個位であつたのに対し 5 0 0 ~ 1 0 0 0 個に向上する。

本明細書に特定される熱成形法は、その市販アルミ合金に対する適用という点で、超塑性合金に対するものとして知られている熱成形法とは異なることが理解されよう。

実施に際して、型は素材の変形温度よりも高い温度に加熱されるが、この温度差は 1 0 0 °C の程度であればよい。この種の製造法においては、厚さが 2 mm のシートに対して 1 MPa (メガパスカル) の流体圧力を採用すれば十分であり、厚さが 0.15 mm のシートに対しては 0.1 MPa より低い圧力で十分である。金属の厚さが小さい場合には金属シー

8

自動車の車体加工や建物の正面化粧張り等に用いられる大型部品に関しては生産速度は従来のプレスと同程度である。即ち素材の位置決め時間、熱成形時間及び成形部品を型から除去する(離型)時間等を考慮して 1 時間当り 5 0 0 個の生産速度である。

- (4) 析出硬化型のアルミ合金を用いることが可能である(この合金は焼入れ及び熱成乃至焼戻し後は従来のスタンピング操作において用いられている極軟鋼の機械的性質と同等かそれ以上の機械的特性を有している)。
- (5) 成形後「弾性回復」即ち「スプリングバック」現象の恐れがないし、縁曲げ、張り出し又は穴明けの如き付加の変形操作を熱成形された部品に行なつた時変形のもとになる内部応力が存在しない。
- (6) 成形作用がポンチによつてではなく流体によつて行なわれるので、熱成形機においては型の上(乃至は型の構造によつては型の下)に自由領域が残される。この自由領域は張り出し、穴

明け又は縁曲げの如き付加的操作を実施するための工具類を配置するのに利用出来る。加えるに、型内で熱間で操作することにより、これらの付加的操作を実施するのに要する力がかなり小さくなり、工具類を軽量化することが出来る。このようにして付加的操作を熱成形機上に集約化することにより自動車の車体加工用部品をスタンプするためのラインにおける2, 3のプレスを不要ならしめることが可能となる。

- (7) 部品は高温において成形されるので、部品は型から取出された時完全に無菌状態であり、従つて医療用途乃至食品用途に直接利用可能である。

しかしながら、熱成形は型成形された部品を型から取出すことに関して、アルミ部品及び超塑性合金部品の場合深刻な問題が生ずる。即ち型成形された部品を型から除去するのに細心の注意が必要であり、又除去操作は例えば仏国特許第2004410号明細書に述べられているように非常に長時間を要する。

11

より持ち去られるので、補充しなければならず、従つて生産速度が低下する。

これらの種々のコーティング剤はそれらが素材上にあろうと型上にあろうと部品の表面の汚染を引き起す。従つてこれらのコーティング剤が使用された場合は成形部品を型から除去した後引続いて洗浄し、酸洗いする必要がある。

これらの困難さがあるために、熱成形の工業的用途は、これ迄超塑性合金の部品を小規模に即ち一つの型につき1時間当り約10個程度の生産速度で生産する用途にのみ限定されてきた。

本発明の目的は品物を型から除去する問題を克服し、従つて熱成形法を大量生産において使用可能ならしめることである。本発明はこの方法の使用を前述の如き市販組成のアルミ及びマグネシウムから成る部品の生産にまで拡大することを可能にする。

成形された部品と型との間での付着の問題は、型と接触することになる素材の表面上に臨機応変にアルミナ又はマグネシアの如き人工的に生成さ

未だ高温でかつこわれ易い状態にある薄肉部品を工業的速度で型から除去出来るようにするためには、アルミが型の表面に付着する傾向を減少させなければならない。このことは素材の縁部について特に重要である。何故ならば該縁部は2分割型の縁部間に把持されているからである。

種々の対策方法が試みられている。スタンピングの場合には、多くの場合グرافアイト含有油である適当な物質で素材の表面をコーティングすることが可能である。しかしながら、これらの離型物質は引続いて行われる単なる塗装工程に対してさえも後処理に関する不具合をもたらす。これらの潤滑物質は製造された部品が食品関係用途に用いられる場合特に問題である。即ち特に食品が容器内に入れられた後で料理された^り消毒^はされた^りする時に、これらの潤滑物質は食品に不^は味^はを与える。

型の表面を例えば鋳物用焼成混合物(粘土及び樹脂)の如き種々の物質でコーティングすることも可能である。これらの物質は成形された部品に

12

れた酸化物の一樣な層を熱成形操作に先立つて生成させることにより防止可能となることが判明した。

アルミについて言えば、電気分解で生成されたアルミナ層は通常無水性かつ多孔性であり、所望の用途に対して何らの不都合をもたらすものではない。このようにして得られたアルミナ層の厚さは数ミクロンである。一方、ペーマイト(boehmite)と称される化学的に生成されるアルミナの層は、一般に一水和物として生成され、その場合の水和作用は酸化と同時に生ずる。この場合酸化作用は直ちに停止し、水和されたアルミナ層の厚さは1ミクロンを越えることは出来ない。

人造アルミナ層が無水性かつ多孔性のものであると或いは水和されかつ緻密なものであると、どちらの場合もアルミナ層は金属に密着する均質な一樣な表面層を生成する。この層はアルミが高温において型の金属に付着するのを防止する。かくてスタンピングに対して必要とされるような成形前の潤滑剤の塗布を不必要ならしめる。又後

13

-318-

14

BEST AVAILABLE COPY

処理としての洗浄乃至酸洗処理が不要となる。加えるに、熱成形された部品は完全に無菌性である。熱成形品は他の処理を施すことなく食品用途に適したものである。

金属の表面上にアルミナの層があるということは又成形品の表面に添加、塗布されるラッカー、ニス、プラスチック材又は金属の付着性を強化する。アルミナの層は他の表面処理なしにこれらの物質を塗布可能ならしめる。

張り出し、穴明け又は縁曲げの如き付加的加工操作は潤滑剤の添加なしに型内で熱間状態で行なうことが出来、この場合アルミナの層は工具とアルミ部材との間での付着を防止する。

本発明による方法は連続的生産又は非連続的生産に使用することが出来る。連続的生産の場合には熱成形機は予備的陽極乃至化学酸化のためのステーションを含むことも出来る一体生産ラインの一部をなしている。非連続的生産工程においては熱成形機は生産ラインの一体部分をなしていない。本方法はその用途において大きな融通性を有して

15

を受けた。しかしながら、この層の最小厚さは型の表面状態に依存するものと考えられる。型の形を修正しその表面状態を改良することにより、離型操作は向上するであろうが、この場合の操作条件は実際には工業的条件とはならないだろう。

かくて、工業的条件^下では、成形された部材を容易に除去するために用いるアルミナ層は0.04～1ミクロン程度の厚さであるのが好ましい。より厚いアルミナ層を用いることも可能であろうが、この場合にはコストの上昇をとまなうので多くの場合は実際的でないと考えられる。

これらの試験結果により、アルミ素材の表面上で自然酸化によつて生成されたアルミナ層は熱成形された部材が型に付着するという問題を解決するには不十分であるということが確認された。

同様にして、マグネシアの表面層は熱成形されたマグネシウム部材を型から除去するのを容易にする。

付図を参照して一例として行われる以下の説明によつて本発明及びその利点がより明白にされる

17

特開昭54-47859(5)

おり、別の設備で表面が予め酸化された素材から種々の品物を生産することが出来る。

工程が連続的であろうと非連続的であろうと、熱成形機には金属素材をリールから供給可能であり、該素材は厚さ0.10mm程度の薄いシートから厚さ2～3mm程度の板材迄変化することが出来る。本熱成形機には又アルミのストリップ、シート又は板の形態のある長さにより切断された素材を供給することも可能である。

最初の熱成形試験によると、厚さが0.10ミクロン以下の人造アルミナ層があれば成形された部材が型に付着するのを防止するのに十分であることが判明した。このアルミナ層により成形品は型から迅速に離すことが可能であり、熱成形を高生産速度における大量生産方式として用いることが可能である。

かくて、0.04ミクロンの厚さを有する層で良好な結果が得られた。これに対して、厚さが0.01ミクロンの層の場合の結果は不良であり、熱成形された部材はそれらが型から除去される時に損傷

16

であろう。

第1図は熱成形型の長手方向断面図である。この型は2つの平行なライン内に配設された4個の凹んだキャビティを有しており、各ラインは熱成形されるべきシートの移動方向に沿つて直列に配設された2つのキャビティを有している。断面は2つのこのような直列配設キャビティの軸線X-X'に沿つて通過している。

第2図は矢印Pで示される方向に段階的に変位される薄いアルミシートの酸化及び熱成形を連続的に行なうための装置の概略的平面図である。

第3図は第1図の型と類似の型の長手方向断面を示す図で、この型は熱成形された部材を型自身内で穴明けすることを可能ならしめる付加的工具を有している。

第1図について言及すると、型1が示されており、この型は2分割型であつて、型1が開いている場合に矢印Pで示される方向へ周期的に前方に供給されるシート2がこの型を通り抜けている。シート2はアルミ合金よりなつており、幅が400

18

■、厚さが0.14mmである。盆形状の容器である成形部材3が成形操作の後型から除去され得るようになるため、シート2はその内面^がに厚さ0.05ミクロンのアルミナ層で覆われている。前述せる如く、シート2の表面上のこのアルミナ層は種々の既知の方法によつて生成されることが出来る。

この特定の実施例においてはアルミナ層はリン酸溶液内での陽極酸化によつて周知の方法で生成される。酸化装置は第2図に符号4により概略的に示されている。

型1に入る前に、アルミナ層で被覆されたシート2は、第2図に5で概略的に示す装置内で、金属の組成に応じて470～530℃の温度に予熱される。この装置の融通性は種々の合金シートの熱成形を450～550℃の温度で可能ならしめる。

予熱は電気加熱されるプレートによつて行なわれる。予熱は他の既知の手段、例えば電気乃至ガス加熱される貫流炉又は誘導加熱炉等によつて行なうことも可能である。

19

2は矢印Pで示される方向に段階的に移動され、1段階の距離Lは部材3間の間隔に相当しており、毎分10段階の頻度で移動される。型の下側部分6は2本のジャッキ7上に装架されており、このジャッキは部材3が成形されるシート2の前進移動に際して型の下側部分8を下向きに移動するのを可能ならしめる。

電気抵抗体8により型の下側部分6及び上側部分9の両型部分は580℃の温度に達上昇可能である。シート2が停止して型の下側部分6が上昇すると、空気がシート2の上方のオリフィス10から吹き込まれ最大圧力は0.07MPaとなる。この空気圧によりアルミシート2は型の下側部分6の4個のキャビティの表面に押し付けられて、各操作毎に4個の盆形状部材3が同時に成形される。成形された部材の長方形開口の寸法は150×135mmで、深さは55mmである。尚側面は30°の角度で傾斜している。角での金属の最小厚さは熱成形後0.07mm程度である。

成形操作そのものの持続時間は2秒程度である。

21

特開昭54-47859(6)

析出硬化特性を有する合金に対しては型1内において正確な「固溶化」が行なわれねばならない。その目的のために、温度は±2.5℃の精度で調節する必要があり、電氣的加熱装置を用いるのが好ましい。これらの加熱装置は一様な温度を与えるよう注意深く配置しなければならない。

型1は金属シート2が成形温度に保持される成形温度よりも約100℃高い温度に加熱される。

8011合金（これは硬化しない）に対しては成形温度は470℃であり型1の温度は約580℃にセットされる。

硬化するか析出硬化することの出来る合金に対しては該合金の固溶温度が成形温度として用いられる。従つて、2002合金に対しては熱成形温度は520℃であり、型1は約620℃にセットされる。

第1図に示す型1は「熱間非変形」と称される鋼で出来ている。この鋼の組成はC=0.5%、Si=0.7%、Mn=0.8%、W=1.6%である。

例示の実施例においては8011合金のシート

20

シート2下の余剰空気はオリフィス11を経て自由に逃げる事が出来る。部材3が型の形状をとつて成形されるや否や、オリフィス10を経て流入した空気は大気中へ排気され、型の下側部分8は下向きに移動し、シート2は新たな長さLだけ前進することが出来る。加熱前に装置4内においてシート2上に生成されたアルミナの表面層の存在によりシート2及び部材3は型1の表面に付着しないので、型1の加熱は中断する必要がない。アルミナ層の存在により、部材3はそれらの離型の際型のそれぞれ上側及び下側部分6及び9間に把持されている縁部においてさえも損傷されず、全くこのこと故に部材3及びそれらの縁部は離型の際、型1が580℃の温度にあるにもかかわらず、470℃程度の温度であり得るのである。全製造時間は6秒を越えることが無く、この時間はシートを前進移動させ、型1を開閉する時間をも含んでいる。

このような薄い部材は、上側部分においてオリフィス10を経て加えられる圧力によるのと同様

-320-

22

BEST AVAILABLE COPY

に、オリフィス 11 によつてシート 2 の下方に掛けられる真空によつても良好に同じように成形可能である。

成形された部材 3 は型 1 を離れると、シートが硬化可能合金である場合には、空気、水又は任意の他の流体により急冷して合金を硬化させることが可能である。

成形された部材 3 は又制御された速度で部分的に冷却され、プラスチック材、ニス又は他の金属を塗布すると云つた如き別の操作を直ちに行なう目的に適した所定の温度にすることが出来る。

アルミシート2を加熱の前に陽極酸化させる代りに、該アルミシートを100℃の温度のトリエタノールアミンの水溶液内を通過させることが可能であり、この操作により金属表面上には厚さが0.05ミクロンの程度のペーマイト層が生成される。又このペーマイト層は滞留時間が十分な場合には0.5ミクロンの厚さに到達することも可能である。このようなペーマイト層によつても成形された部材の離型の容易さは同程度のものが得られ

. 2 3

下向きに移動した時離れるよう移動することの出来るカウンタポインタ部材14を有している。

かくて張り出し又は縁曲げの如き種々機械加工を型自体の中で実施することを可能ならしめる他の工具装置を設けることが可能である。こうすることにより生産速度を上げ、投資コストを減少出来る。

アルミナ層の存在により打抜かれた金属は工具
13及び14の表面に付着することはない。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は熱成形型の長手方向断面図、

第2図は矢印Fの方向に送られるアルミシート
の酸化、予熱及び熱成形装置の概略的平面図、

第 3 図は第 1 図と類似の型の長手方向断面図である。

1, 1'…型、2…シート、3, 3'…成形された部材、7…ジャッキ

代理人 淺 村 皓

外 4 名

2 5

る。

前述の記載からもわかるように、アルミナ層の存在により離型用添加剤がもたらす多くの不都合を生ずることなしに熱成形を工業的速度で行なうことが可能となる。

大きな部材又は並列配置された多数個の小さな部材を成形可能ならしめるように、かなりの幅の型及びシートを用いることも明らかに可能である。この場合には生産速度は小さな部材の場合100個/分を容易に越えることが出来る。大型部材の場合1回の操作で単一の部材を作るとすれば、生産速度は約10個/分に限定される。

第3図について言及すると、第1図の部材に類似するが中央打抜き穴12を含む部材3'を製造することを目的とする型1'が示されている。

ポンチ部材 13 が十分な直径を有するオリフィス 10' 中を貫通している。ポンチ部材 13 により部材 3' が型から離される前に部材 3' の底部を穴明けすることが可能となる。その目的のために型の下側部分 8' はポンチ部材 13 が部材 3' の熱成形後

24

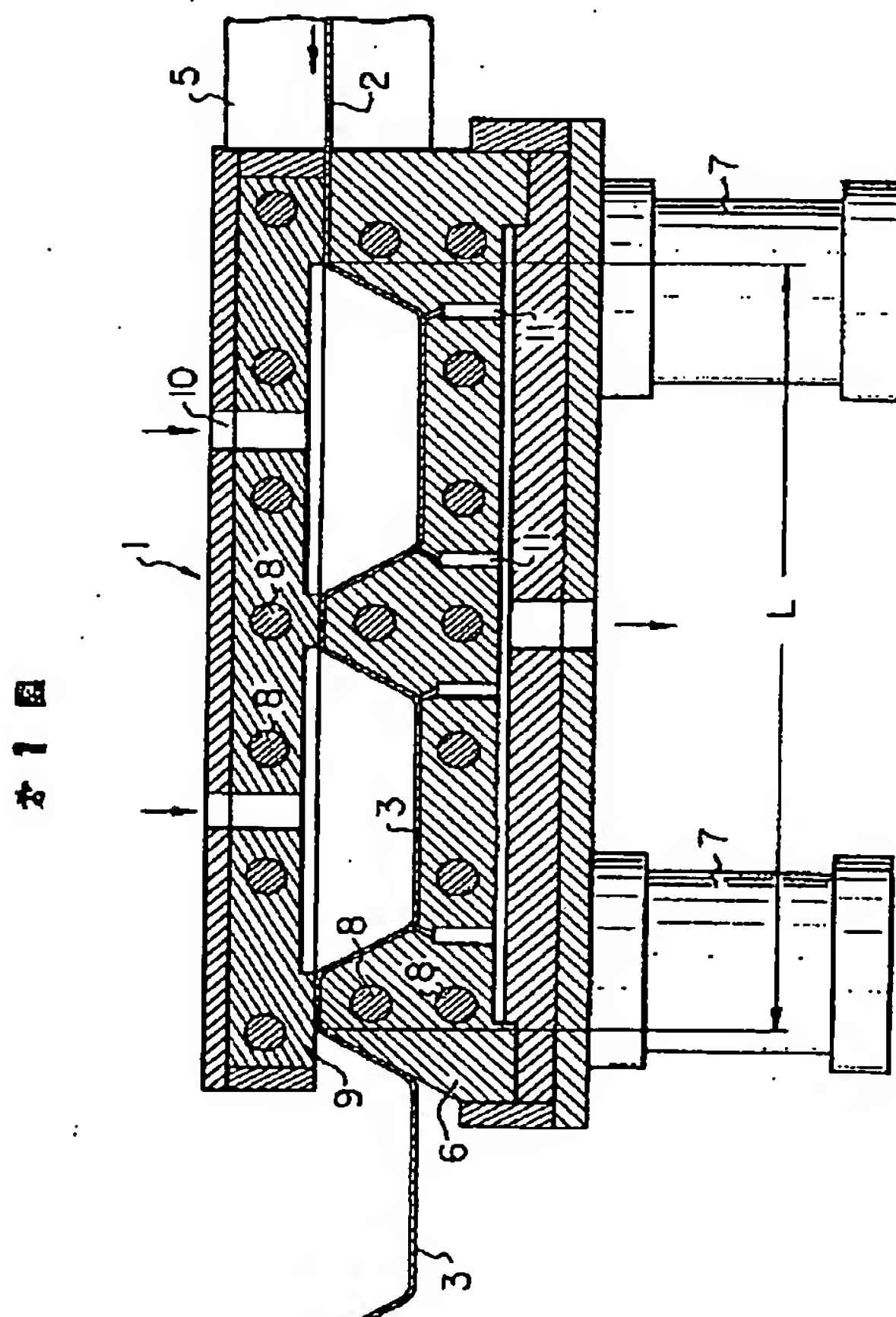


図 2

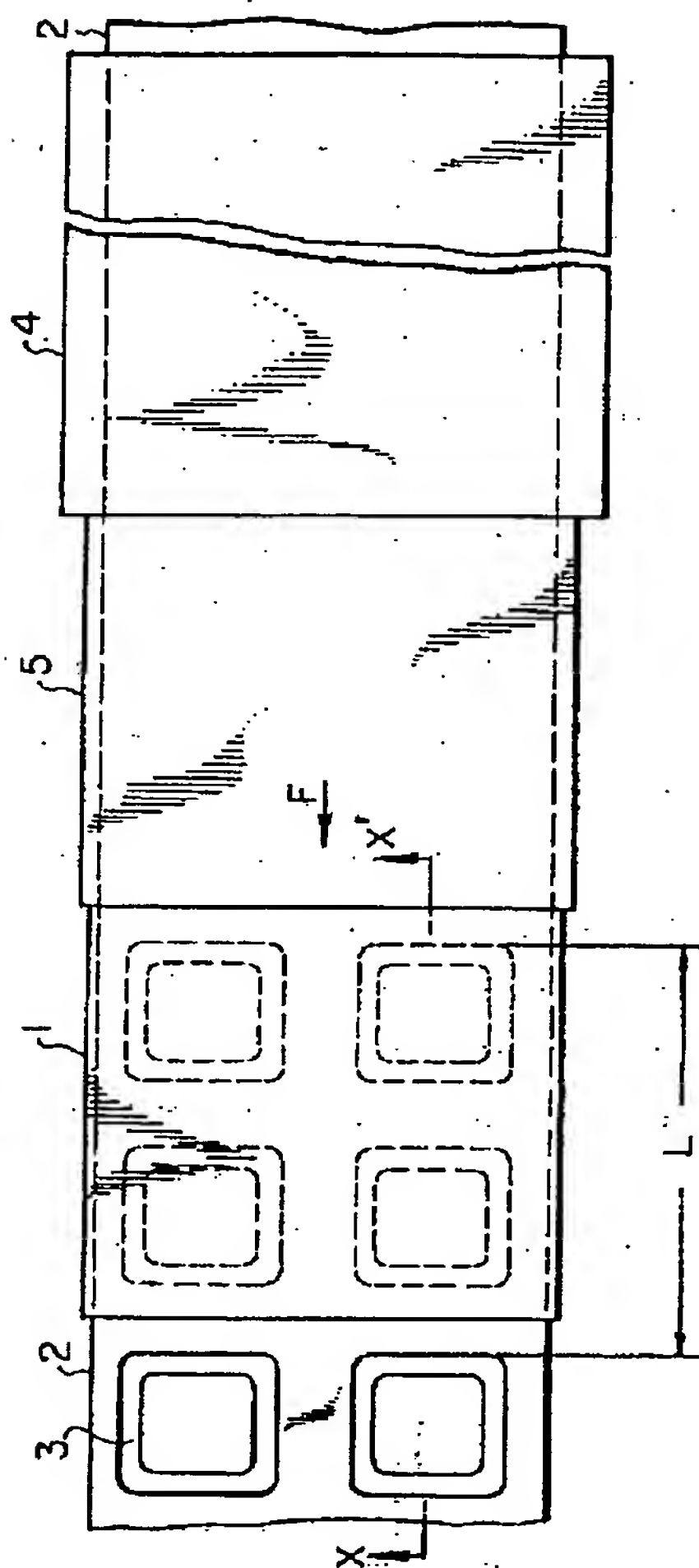


図 3

